

**PENGARUH KUAT MEDAN MAGNET DAN KECEPATAN
ROTOR TERHADAP TEGANGAN YANG DIHASILKAN
GENERATOR ARUS BOLAK-BALIK LEYBOLD TPS 2.5**



Disusun oleh :

Annasa Muaffa Amalia

M 0205013

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi sebagian
persyaratan mendapatkan gelar Sarjana Sains Fisika**

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS SEBELAS MARET

SURAKARTA

2010

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Negara Indonesia terletak di garis katulistiwa. Indonesia mempunyai daratan yang ditumbuhi hutan belantara dengan luas beserta gunung/pegunungan yang didalamnya banyak sungai-sungai mengalirkan air dari hulu ke hilir sampai kelaut. Selain itu memperoleh penyinaran sinar surya sepanjang tahun, dengan hembusan angin yang terdapat di seluruh wilayah Indonesia. Daerah yang mempunyai topografi bergunung dan banyak mempunyai sungai merupakan potensi sumber energi yang sangat besar untuk pembangkit.

Sebuah sistem pembangkit yang bila direncanakan secara matang dapat mengatasi masalah krisis energi. Namun demikian krisis sumber daya energi ini belum dapat dipecahkan menggunakan potensi sumber energi air di daerah. Masih banyak desa-desa yang jauh dari perkotaan belum mendapatkan pasokan listrik secara memadai. Banyak Kota dan Kecamatan yang mengandalkan PLTD dan hanya beroperasi malam hari saja dari jam 6-12 malam. Ketika minyak susah didapatkan akan terjadi pemadaman secara luas. Salah satu solusi yang sedang banyak dikembangkan di Indonesia saat ini adalah pembangkit mikrohidro.

Mikrohidro adalah istilah yang digunakan untuk instalasi pembangkit listrik yang menggunakan energi air dengan output daya yang dihasilkan 5kW sampai 100 kW dimana prinsip kerjanya memanfaatkan ketinggian aliran sungai dan debit air. Secara umum ada dua jenis generator yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH), yaitu generator arus bolak-balik dan generator induksi. Generator arus bolak-balik bekerja pada kecepatan yang berubah-ubah. Untuk dapat menjaga agar kecepatan generator tetap, digunakan pengatur kecepatan (speed governor) elektronik. Generator jenis ini dapat digunakan secara langsung dan tidak

membutuhkan jaringan listrik lain sebagai penggerak awal. Sangat cocok digunakan di desa terpencil dengan sistem isolasi. Pada generator jenis induksi tidak diperlukan sistem pengaturan tegangan dan kecepatan. Namun demikian, jenis generator ini tidak dapat bekerja sendiri karena memerlukan suatu sistem jaringan listrik sebagai penggerak awal. Generator jenis ini lebih cocok digunakan untuk daerah yang telah dilalui jaringan listrik (Grid System).

Beberapa kelebihan mikrohidro adalah bersih lingkungan, energi yang terbarui, tidak konsumtif terhadap pemakaian air, mudah dioperasikan sebagai *base load* maupun *peak load* (dapat dengan cepat on/off), biaya operasi rendah, tahan lama (Long Life), range biaya: 11 juta – 55 juta per instalasi kW, sesuai untuk daerah terpencil.

Penelitian ini merupakan kajian awal dalam pembuatan generator mini. Permasalahan pertama yang timbul dari pembangunan pembangkit listrik ini adalah penentuan generator yang akan digunakan. Dalam penelitian ini yang dikaji adalah generator arus bolak balik. Generator arus bolak balik dipilih karena cocok untuk PLTMH. Arus bolak-balik memiliki keunggulan utama dalam hal energi listrik yang dapat disalurkan dalam jarak jauh pada tegangan yang tinggi dan arus rendah untuk menghindari kerugian energi dalam bentuk kalor joule. Arus tegangan yang tinggi tersebut dapat diubah ke tegangan yang lebih rendah atau sebaliknya menggunakan transformator dengan hampir tanpa kehilangan energi dan lebih aman untuk penggunaan sehari-hari, industri kecil rumahan, irigasi dan perikanan. Transformator digunakan untuk mentransfer energi dari satu rangkaian ac ke rangkaian yang lain. Arus daya ac yang bervariasi diperlukan untuk menghasilkan fluks magnet yang bervariasi pada inti besi sehingga energi listrik dari satu kumparan ditransfer ke kumparan yang lain. Apabila kumparan primer transformator dihubungkan pada tegangan ac, akan ada arus pada kumparan primer yang disebut arus penguat. Arus penguat tersebut menimbulkan fluks yang berubah-ubah yang mencakup lilitan-lilitan dan menginduksikan tegangan pada kedua kumparan. Transformator mengatur secara otomatis arus inputnya untuk mendapatkan arus output atau beban yang diperlukan.

Jadi, apabila tidak ada arus yang digunakan dari kumparan sekunder maka tidak ada arus yang mengalir pada kumparan primer kecuali arus penguat. Arus penguat merupakan jumlah arus yang sangat rendah untuk mempertahankan rangkaian magnetis, sehingga arus rendah dapat dipertahankan

Pada penelitian ini pengambilan data menggunakan alat tipe Leybold TPS 2.5 karena pada Leybold magnet permanen dapat dibongkar pasang dan diganti magnet buatan dengan prinsip elektromagnetisme yaitu dengan melilitkan kumparan 500 lilitan pada bahan ferromagnetik kemudian dialiri arus searah. Sehingga dengan elektromagnet dapat dilakukan variasi kuat medan magnet yang intensitasnya sesuai keinginan peneliti. Selain variasi intensitas medan magnet pada Leybold dapat dilakukan variasi kecepatan putar rotor dengan mengatur potensiometranya. Pada Leybold jumlah lilitan rotor dapat dilakukan variasi yaitu 2 rotor, 3 rotor, dan 12 rotor yang dapat dibongkar pasang. Dari variasi kuat medan magnet, variasi kecepatan putar rotor, dan variasi jumlah kutub rotor dapat diketahui nilai ggl induksi dari tiap variasi.

Penelitian tentang generator ac juga pernah dilakukan, dimana kumparan kawat diputar diantara medan magnet seragam sehingga menghasilkan ggl induksi diantara rangkaian terminal. Efek tersebut digunakan untuk membentuk generator bertenaga listrik. Sebuah gulungan kawat yang dililitkan pada poros dan diputar dalam medan magnet berbentuk "U". Alat-alat yang dideskripsikan adalah generator yang mampu menyuplai sejumlah muatan listrik berdasarkan arus yang diinginkan yaitu ac atau dc. Piringan bertingkat sebanyak tiga buah digunakan untuk menunjukkan bagaimana hubungan listrik dihasilkan dengan tiap piringan dihubungkan ke sebuah terminal. Pada penelitian tersebut kecepatan rotasi mempengaruhi amplitudo dan frekuensi tegangan yang terinduksi (Portella dkk, 2008).

I.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut di atas maka dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut: ggl induksi yang dihasilkan sebuah generator dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain, kuat medan magnet, kecepatan rotor dan jumlah kutub rotor. Pada penelitian ini akan dilakukan variasi kuat medan magnet, variasi kecepatan putar rotor dan variasi jumlah rotor untuk mengetahui pengaruhnya terhadap intensitas ggl induksi generator.

I.3. Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh variasi kuat medan magnet dengan kecepatan putar rotor tetap terhadap intensitas ggl induksi generator.
2. Mengetahui pengaruh variasi kecepatan putar rotor dengan kuat medan magnet tetap terhadap intensitas ggl induksi generator.
3. Mengetahui pengaruh variasi jumlah kutub rotor dengan kecepatan putar rotor tetap terhadap intensitas ggl induksi generator.
4. Mengetahui pada jumlah rotor dan kecepatan putar rotor berapa yang sesuai untuk generator di Indonesia.

I.4. Batasan Penelitian

Pada penelitian ini digunakan alat generator ac tipe Leybold TPS 2.5, elektromagnet dengan jumlah lilitan 500, variasi nilai kuat medan magnet yang digunakan antara : 0,16 mT sampai 1,72 mT, dan variasi kecepatan putar rotor 500 rpm sampai 5000 rpm

I.5. Manfaat Penelitian

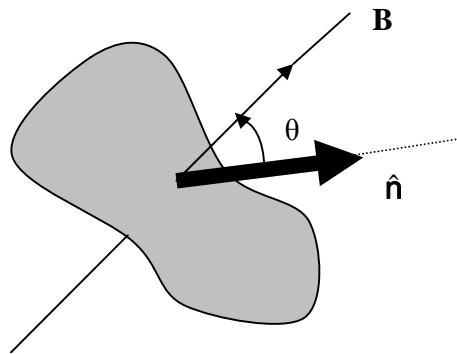
1. Mengetahui secara lebih teliti cara mendapatkan ggl induksi besar dari kuat medan magnet dan kecepatan putar rotor
2. Memberikan informasi faktor apa saja mempengaruhi ggl induksi yang dihasilkan generator bolak-balik.
3. Sebagai acuan penelitian lebih lanjut dalam pembuatan generator mikrohidro

BAB II

Tinjauan Pustaka

II.1. Fluks Magnetik

Fluks magnet analog dengan fluks listrik. Fluks magnet adalah jumlah garis medan magnet yang melalui sebuah luasan atau permukaan yang sudah diketahui. Medan magnet ada yang tegak lurus terhadap luasan tetapi ada juga tidak tegak lurus terhadap luasan.



Gambar.2.1.Fluks magnet

(Tipler, 1998)

Bila medan magnet tidak tegak lurus terhadap permukaannya (gambar 2.1) maka fluks didefinisikan:

$$\phi_m = \mathbf{B} \cdot \hat{n} A = B A \cos \theta = B_n A \quad (2.1)$$

Keterangan

ϕ_m : fluks magnetik

\mathbf{B} : medan magnet

\hat{n} : arah garis normal

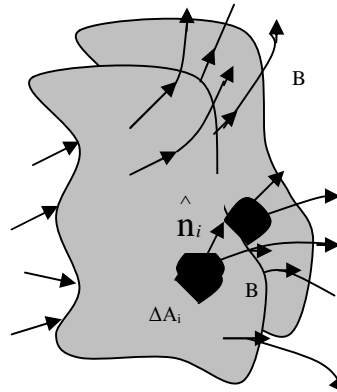
A : luas permukaan

θ : sudut antara medan magnet dan garis normal

Dengan $B_n = \mathbf{B} \cdot \hat{\mathbf{n}}$ merupakan komponen vektor medan magnet yang normal terhadap permukaan. Jika medan magnet tegak lurus terhadap permukaan maka medan magnet sejajar dengan garis normal $\theta = 0^\circ$, $\cos \theta = 1$ maka

$$\phi_m = BA \quad (2.2)$$

Untuk fluks magnetik pada permukaan lengkung, medan magnet dapat berubah besarnya atau arahnya, atau keduanya dengan membagi permukaan tersebut menjadi sejumlah elemen luasan yang sangat kecil. Jika elemen tersebut cukup kecil, elemen tersebut dianggap sebagai suatu bidang, dan perubahan medan magnetik di seluruh elemen tersebut dapat diabaikan. Misalkan $\hat{\mathbf{n}}_i$ merupakan vektor satuan yang tegak lurus terhadap elemen demikian dan ΔA_i merupakan luasnya (gambar 2.2).



Gambar.2.2.Fluks magnet luasan lengkung

(Tipler, 1998)

Fluks medan magnetik melalui elemen ini adalah

$$\Delta\phi_{mi} = \mathbf{B} \cdot \hat{\mathbf{n}}_i \Delta A_i \quad (2.3)$$

Fluks total yang melalui permukaan tersebut merupakan penjumlahan $\Delta\phi_{mi}$ untuk seluruh elemen. Limitnya, karena jumlah elemen tersebut mendekati tak terhingga dan luasan tiap elemen mendekati nol, penjumlahan ini menjadi suatu integral. Definisi umum fluks magnetik dengan demikian :

$$\Delta\phi_m = \lim_{\Delta A_i \rightarrow 0} \sum_i \mathbf{B} \cdot \hat{n}_i \Delta A_i = \int_s \mathbf{B} \cdot \hat{n} dA \quad (2.4)$$

Untuk kumparan yang terdiri atas N lilitan, fluks yang melalui kumparan tersebut ialah N kali fluks yang melalui lilitan tunggal:

$$\phi_m = NBA \cos \theta \quad (2.5)$$

Secara umum di mana \mathbf{B} tidak perlu konstan di seluruh luasannya, fluksnya adalah

$$\Delta\phi_m = \int_s N \mathbf{B} \cdot \hat{n} dA = \int_s NB_n dA \quad (2.6)$$

Satuan fluks magnetik ialah satuan medan magnet kali luas, tesla meter persegi, yang disebut weber (Wb):

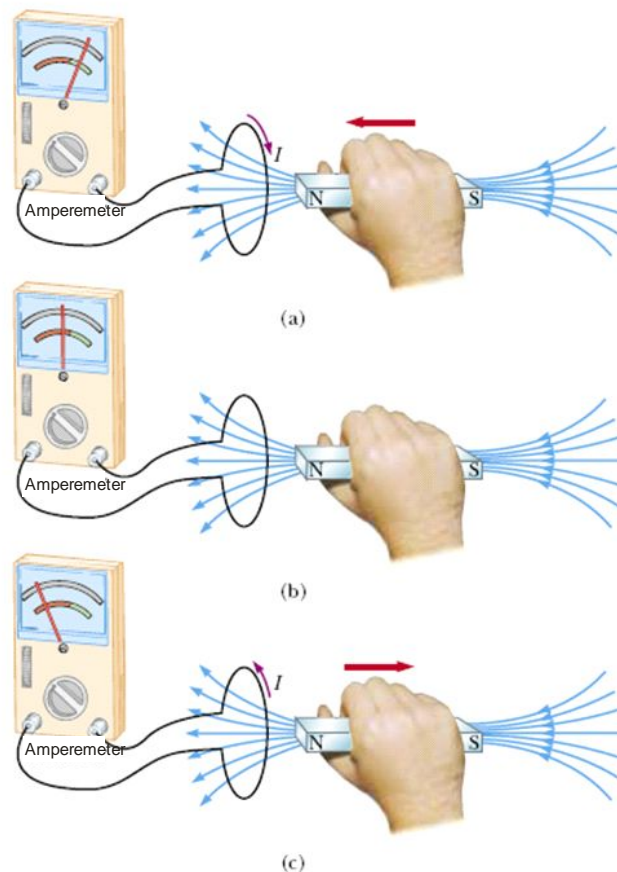
$$1 \text{ Wb} = 1 \text{ tesla m}^2 \quad (2.7)$$

Karena medan magnet sebanding dengan jumlah garis medan magnet perluas satuan, maka fluks magnet sebanding dengan jumlah garis yang melalui luasan tersebut (Tipler, 1998).

II.2. Hukum Faraday Induksi

Untuk melihat bagaimana suatu tegangan dapat diinduksi dengan merubah medan magnet, diperlihatkan dengan sebuah loop kawat terhubung ke ampere meter sensitif, seperti pada gambar 2.3. Ketika magnet bergerak ke arah loop, jarum galvanometer membelok ke dalam suatu arah, dalam gambar 2.3a diperlihatkan ke sebelah kanan. Ketika magnet diam dan ditahan untuk tak bergerak relatif terhadap loop (gambar 2.3b), tidak ada perubahan teramati. Ketika magnet dijauhkan dari loop, jarum membelok ke arah kebalikan, seperti diperlihatkan dalam gambar 2.3c. Dari percobaan tersebut, disimpulkan bahwa loop mendeteksi magnet sedang bergerak

relatif terhadapnya dengan suatu perubahan medan magnet. Dengan begitu, ada hubungan antara perubahan medan magnet dan arus.

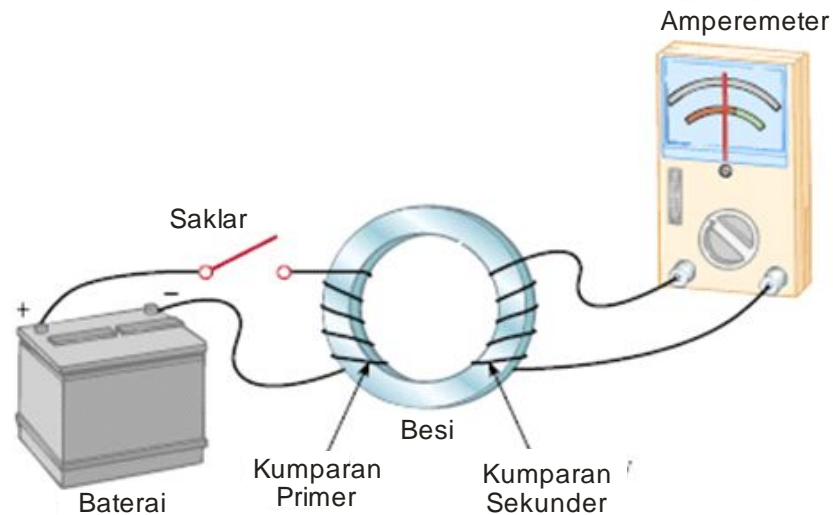


Gambar 2.3 Pengaruh perubahan medan magnet terhadap loop kawat yang dihubungkan dengan amperemeter yang sensitif.

(Serway, 2004)

Dari percobaan suatu arus timbul walaupun tidak ada baterai dalam rangkaian, arus tersebut adalah arus induksi yang dihasilkan oleh tegangan induksi. Eksperimen lain yang dilakukan oleh Faraday digambarkan pada gambar 2.4, ketika sebuah kumparan primer terhubung ke satu saklar dan satu baterai. Kumparan dililitkan di sekitar cincin besi, dan suatu arus dalam kumparan menghasilkan medan magnet ketika saklar ditutup. Sebuah kumparan kedua juga dililitkan di sekitar cincin

dan terhubung ke amperemeter sensitif. Tidak ada baterai pada rangkaian kedua, dan kumparan kedua tidak secara elektrik terhubung ke kumparan primer. Arus papun yang terdeteksi di rangkaian kedua harus diinduksi oleh faktor eksternal.



Gambar 2.4 Eksperimen Faraday

(Serway, 2004)

Sesaat setelah saklar ditutup, jarum galvanometer membelok pada suatu arah dan kembali ke nol. Sesaat setelah saklar dibuka, jarum membelok dalam arah kebalikan dan sekali lagi kembali ke nol.

Eksperimen yang diperlihatkan pada gambar 2.3 dan 2.4 mempunyai satu hal yang sama: pada setiap kasus, tegangan diinduksi dalam rangkaian ketika fluks magnetik melalui sebuah rangkaian berubah terhadap waktu. Secara umum, tegangan induksi dalam satu rangkaian adalah berbanding lurus pada laju perubahan fluks magnetik yang melalui rangkaian. Pernyataan ini disebut hukum Faraday induksi, yang dapat ditulis sebagai

$$\mathcal{E} = -\frac{d\phi_m}{dt} \quad (2.8)$$

Jika rangkaian adalah kumparan terdiri dari N lilitan dan jika ϕ_m adalah fluks magnetik melalui satu lilitan, tegangan diinduksi dalam setiap lilitan. Lilitan adalah seri, sehingga tegangannya merupakan penjumlahan; dengan begitu, tegangan induksi total dalam kumparan diberikan oleh (Serway, 2004) :

$$\varepsilon = -N \frac{d\phi_m}{dt} \quad (2.9)$$

II.3. Sifat-sifat Kemagnetan

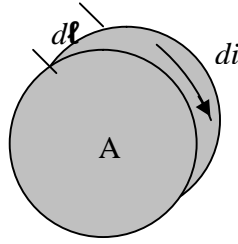
II.3.1 Pemagnetan dan Suseptibilitas Magnetik

Apabila suatu bahan ditempatkan dalam medan magnetik kuat, seperti medan magnetik solenoida maka medan magnetik solenoida tersebut cenderung menyearahkan momen dipole magnetik (permanen atau induksi) di dalam bahan itu, kan adan bahannya disebut dimagnetkan. Dapat diuraikan bahan yang dimagnetkan dengan pemagnetan M , yang didefinisikan sebagai momen dipole magnetik per volume satuan bahan:

$$M = \frac{dm}{dV} \quad (2.10)$$

Medan magnetik akibat silinder yang di magnetkan secara seragam sama seperti seolah-olah silinder tersebut menyalurkan arus perpanjang satuan yang besarnya M pada permukaannya. Arus ini yang diakibatkan oleh gerak intrinsik muatan atom dalam silinder disebut arus ampere.

Gambar di bawah ini menunjukkan bagian silinder yang berbentuk cakra. Cakra tersebut memiliki luas penampang A , panjang $d\ell$ dan volume $dV = A d\ell$.



Gambar 2.5. Elemen cakra untuk menghubungkan pemagnetan M dengan arus permukaan per panjang satuan.

Misalkan di merupakan arus ampere pada permukaan cakranya. Besaran momen dipole magnetik dm dari cakra ini sama seperti yang terdapat pada momen dipole simpal arus dengan luas A yang mengalirkan arus di .

$$dm = A di \quad (2.11)$$

pemagnetan M , dari cakra ini merupakan momen magnetik per volume satuan

$$M = \frac{dm}{dv} = \frac{A di}{A d\ell} = \frac{di}{d\ell} \quad (2.12)$$

Dengan demikian, besaran vektor pemagnetan merupakan arus ampere per panjang satuan disepanjang permukaan bahan yang dimagnetkan tersebut

Semua bahan dapat dikelompokkan sebagai paramagnetik, ferromagnetik, atau diamagnetik

II.3.2 Paramagnetisme

Bahan paramagnetik ialah bahan-bahan yang memiliki suseptibilitas χ_m yang positif dan sangat kecil. Bahan tersebut memiliki momen magnetik atom permanen yang memiliki arah acak bila tidak ada medan magnetik luar. Dalam medan luar, sebagian dipole ini disearahkan dan memberi sedikit kontribusi pada medan total yang memperkuat medan luarnya. Derajat penyearahan adalah kecil kecuali dalam medan yang sangat kuat dan pada temperatur yang sangat rendah. Pada temperatur biasa, gerak termal cenderung mempertahankan arah acak momen magnetik tadi.

Pada medan yang lemah, pemagnetan kira-kira berbanding lurus dengan medan luar dan diberikan oleh hukum Curie:

$$M = \frac{1}{3} \frac{m \cdot B_{app}}{kT} M_s \quad (2.13)$$

Dengan M_s merupakan pemagnetan jenuh yang terjadi apabila seluruh momen dipole magnetik telah disearahkan.

II.3.3 Ferromagnetisme

Bahan ferromagnetisme merupakan bahan yang memiliki nilai suseptibilitas χ_m positif yang sangat tinggi. Ferromagnetisme muncul pada besi murni, cobalt dan nikel serta paduan dari logam-logam ini. Sifat ini juga dimiliki oleh gadulanium, distrosium, dan beberapa senyawa lain. Dalam bahan-bahan ini sejumlah kecil medan magnetik luar dapat menyebabkan derajat penyearahan yang tinggi pada momen dipole atomnya. Bahan ferromagnetik memiliki daerah ruang sempit yang disebut daerah megnetik dimana momen magnetik permanen dari atom tersebut disearahkan. Ketika dihilangkan sifat magnetnya, arah penyearahan dalam satu daerah tidak tergantung pada arah penyearahan daerah lain sehingga tidak ada medan magnetik total yang dihasilkan. Apabila dimagnetkan, daerah ferromagnetik kan disearahkan, yang menghasilkan kontribusi yang sangat kuat pada medan magnetiknya. Penyearahan ini dapat bertahan sekalipun medan luarnya telah hilang, dengan demikian menghasilkan magnetisme permanen.

II.3.3 Diamagnetisme

Bahan diamagnetik ialah bahan dimana momen magnetik dari seluruh elektron dalam setiap atom saling meniadakan, yang membuat setiap atom memiliki momen magnetik nol tanpa adanya medan luar. Dalam medan luar, momen magnetik yang sangat kecil diinduksikan dan cenderung memperlemah medan tersebut.

Pengaruh ini tidak tergantung temperatur. Superkonduktor merupakan bahan diamagnetik dengan suseptibilitas sebesar -1(Tipler, 1998).

II.4. Generator

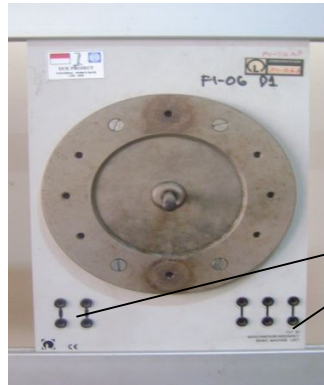
Generator adalah mesin yang menggunakan magnet untuk mengubah energi mekanis menjadi energi listrik (Zuhal, 1991). Secara sederhana prinsip generator adalah apabila konduktor digerakkan pada medan magnet sehingga memotong garis-garis gaya maka tegangan akan diinduksikan pada generator. Dari dasar tersebut maka akan timbul arus listrik, arus melalui kabel atau kawat yang kedua ujungnya dihubungkan dengan cincin geser. Pada cincin-cincin tersebut menggeser sikat-sikat, sebagai terminal penghubung keluar.

II.4.1. Bagian - bagian Utama Generator

Pada generator umumnya ada bagian yang diam (stator) dan ada bagian yang berputar(rotor). Untuk generator Leybold yang termasuk stator adalah badan, magnet, sikat-sikat. Sedangkan rotornya adalah jangkar dan lilitannya.

II.4.1.1. Badan Dasar Mesin

Pada gambar di bawah ini merupakan gambar bagian dasar mesin. Bagian ini berfungsi sebagai tiang utama.

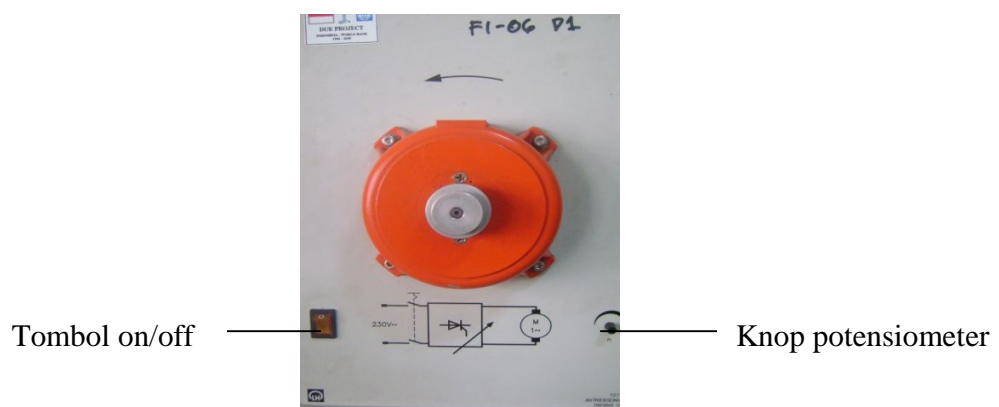


Gambar.2.6. badan dasar mesin

Bagian dasar ini digunakan sebagai tempat, magnet, kumparan, dengan berbagai modifikasi, rotor, dan sikat. Pada terminal pemghubung berfungsi sebagai penghubung dari brush holder ke keluaran yang menuju beban (lampu).

II.4.1.2 Bagian Penggerak

Bagian penggerak merupakan salah satu komponen utama dari generator. Pada gambar 2.6 merupakan gambar bagian penggerak



Gambar.2.7. Bagian penggerak

Bagian penggerak berfungsi menggerakkan rotor yang dihubungkan dengan sabuk karet. Pada bagian ini terdapat knop potensiometer untuk mengatur besarnya kecepatan putar bagian penggerak atau motor dan sekaligus mengatur kecepatan putar pada rotor sedangkan pada bagian bawah terdapat tombol on/off.

II.4.1.3.Rotor

Rotor merupakan bagian yang bergerak pada sebuah generator. Di bawah ini merupakan macam-macam gambar rotor dengan variasi jumlah lilitan:



Gambar.2.8. Duabelas rotor, tiga rotor, dua rotor

Rotor terdiri atas badan rotor, lilitannya dan jangkar. Badan rotor berfungsi sebagai bagian dari tempat mengalirkannya fluks magnet yang dihasilkan kutub-kutub magnet, karena itu badan rotor dibuat dari bahan ferromagnetik. Selain itu badan rotor ini berfungsi untuk meletakkan alat-alat tertentu. Pada rotor juga terdapat terminal box yang merupakan tempat-tempat ujung-ujung lilitan dan lilitan jangkar. Jangkar yang umum digunakan berbentuk silinder yang diberi alur-alur pada permukaannya untuk melilitkan kumparan-kumparan tempat terbentuknya ggl induksi. Jangkar dibuat dari bahan ferromagnetik, agar lilitan jangkar terletak dalam daerah yang induksi magnetnya besar supaya ggl induksi yang terbentuk dapat bertambah besar (Sumanto, 1995)

II.4.1.4.Sikat

Pada gambar dibawah ini diperlihatkan foto brush holder dan sikat. Brushholder disini merupakan wadah sikatnya sedangkan sikat merupakan kolektornya.



Gambar.2.9. Brushholder dan sikat

Fungsi dari sikat – sikat adalah untuk jembatan bagi aliran arus dari lilitan jangkar dengan beban. Disamping itu sikat – sikat memegang peranan penting untuk terjadinya komutasi. Agar gesekan antara komutator – komutator dan sikat tidak mengakibatkan ausnya komutator, maka sikat harus lebih lunak daripada komutator. Biasanya dibuat dari bahan arang (coal).

II.4.1.5. AV Meter

Pada gambar dibawah ini diperlihatkan foto AV Meter. Bagian ini terdapat variasi pengukuran arus dan tegangan.



Gambar.2.10. AV Meter

Gambar diatas merupakan AV meter dengan titik 0 di kiri. AV meter berfungsi membaca keluaran tegangan dan arus yang dihasilkan generator. Arus dan tegangan yang keluar bisa searah (dc) dan bolak balik (ac)

II.4.1.6. Field Regulator

Pada gambar dibawah ini diperlihatkan foto field regulator. Field regulator merupakan komponen tambahan pada generator.

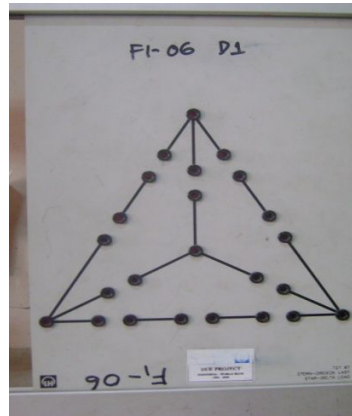


Gambar.2.11. Field Regulator

Field regulator berfungsi sebagai panel penghubung dengan multimeter. Selain itu dapat digunakan sebagai pengatur variasi resistor.

II.4.1.7. Star delta

Pada gambar dibawah ini diperlihatkan foto star delta dimana panel ini terdapat 10 terminal penghubung.

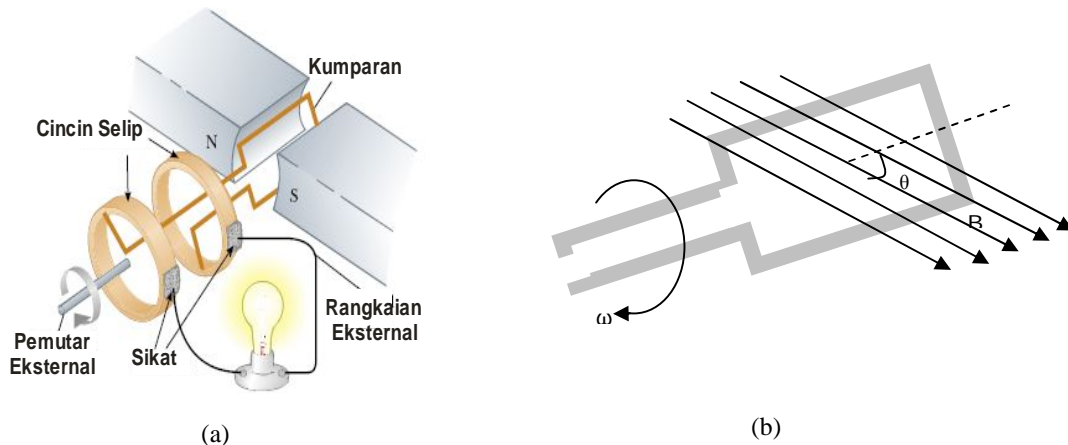


Gambar.2.12. Star delta

Panel star delta digunakan untuk subyek generator ac atau dc ke sebuah muatan. Muatan yang dimaksud adalah lampu atau beban. Lampu dapat di pasang secara seri atau paralel dengan penghubung *bridging plug* (Schneider,1996).

II.4.2. Generator ac

Sebagian besar energi listrik yang digunakan sekarang dihasilkan oleh generator listrik dalam bentuk arus bolak-balik (ac). Generator sederhana untuk arus bolak-balik merupakan kumparan yang berputar dalam medan magnet seragam seperti yang ditunjukkan gambar di bawah ini:



Gambar.2.13.(a)Generator ac (b)arah normal pada bidang kumparan membuat sudut θ dengan medan magnetik.
(Serway, 2004)

Ujung-ujung kumparan dihubungkan dengan cincin yang disebut cincin selip yang berputar dengan kumparannya. Kontak listrik dibuat dengan kumparan oleh sikat garfit yang diam yang berkontak dengan cincin ini. Apabila garis yang tegak lurus terhadap bidang kumparan membuat sudut θ dengan medan magnetik seragam \mathbf{B} seperti yang ditunjukkan pada gambar diatas , fluks magnetik yang melalui kumparan ialah

$$\phi_m = NBA \cos \theta \quad (2.14)$$

Dengan N merupakan jumlah lilitan dalam kumparan dan A merupakan luas kumparan. Apabila kumparan diputar secara mekanis, fluks yang melaluinya akan berubah, dan ggl akan diinduksi dalam kumparan sesuai dengan hukum Faraday. Jika sudut sama dengan δ , sudut pada saat t setelahnya diberikan oleh

$$\theta = \omega t + \delta \quad (2.15)$$

Dengan ω merupakan frekuensi sudut putaran. Dengan mensubstitusikan pernyataan ini untuk θ kedalam persamaan (2.9), diperoleh (Tipler, 1998):

$$\phi_m = NBA \cos \theta = NBA \cos(\omega t + \delta) = NBA \cos(2\pi f t + \delta) \quad (2.16)$$

Ggl dalam kumparan akan sama dengan

$$\varepsilon = -\frac{d\phi_m}{dt} = -NBA \frac{d}{dt} \cos(\omega t + \delta) = +NBA\omega \sin(\omega t + \delta) \quad (2.17)$$

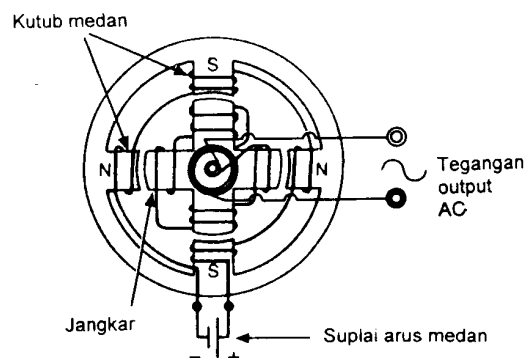
dapat ditulis sebagai

$$\varepsilon = \varepsilon_{maks} \sin(\omega t + \delta) \quad (2.18)$$

Dengan

$$\varepsilon_{maks} = NBA\omega \quad (2.19)$$

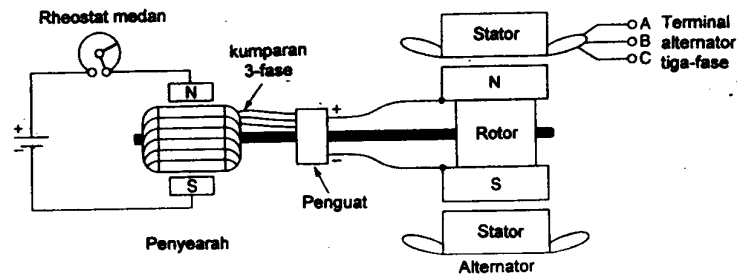
Generator ac dibuat dengan medan magnet diam atau berputar



Gambar.2.14. Generator ac satu-fase medan-diam
(Petruzella, 1996)

Jenis medan diam biasanya kapasitas kilovolt amperenya relatif kecil dan ukuran kerja tegangan rendah.

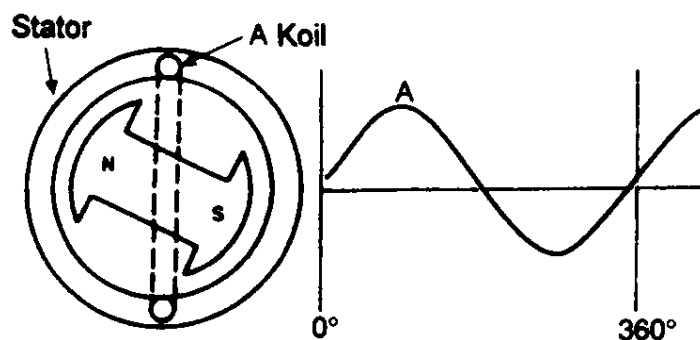
Generator ac medan berputar mempunyai jangkar diam yang disebut stator. Lilitan stator 3 fase langsung dihubungkan pada beban tanpa melalui slip ring dan sikat. Hal ini memudahkan isolasi kumparan karena kumparan tidak dikenai gaya sentrifugal. Tegangan yang dibangkitkan sebesar 18.000-24.000 volt. Generator ac tidak dapat mensuplai arus medan sendiri, penguat medan harus arus searah, karena itu harus disuplai dari sumber luar yaitu sumber daya mekanis.



Gambar.2.15. Generator ac tiga fase medan berputar
(Petruzella, 1996)

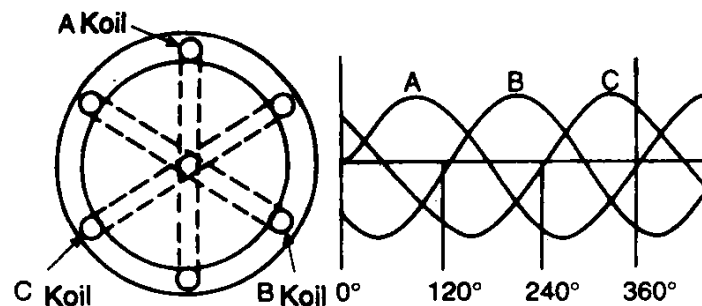
Pada saat jangkar dari alternator sederhana dua kutub diputar pada satu putaran penuh, tegangan gelombang sinus dihasilkan pada terminal output. Tegangan generator gelombang sinus bervariasi baik pada nilai tegangan dan polaritasnya. Standar frekuensi arus bolak balik di Indonesia adalah 50 Hz, satu siklus adalah satu gelombang penuh dari tegangan atau arus bolak balik. Harga puncak dari gelombang sinus menunjuk pada harga tegangan atau arus maksimum.

Untuk penyusunan dasar yang digunakan untuk membangkitkan tegangan pada arus bolak-balik dapat dijelaskan pada gambar di bawah ini :



Gambar.2.16. Pembangkitan tegangan ac satu fase
(Petruzella, 1996)

Gambar 2.15 menunjukkan tegangan ac satu fase. Sistem satu fase digunakan untuk tuntutan daya kecil.

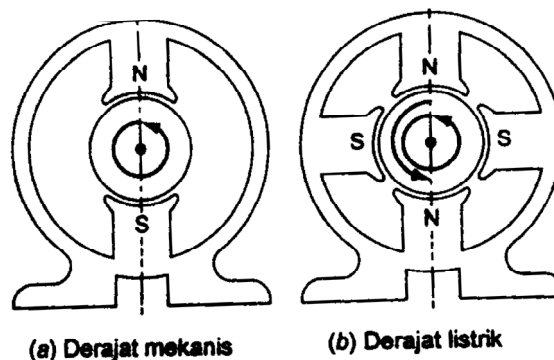


Gambar.2.17.Pembangkitan tegangan ac tiga fase
(Petruszella, 1996)

Pada tegangan ac tiga fase digunakan di hampir semua system pembangkitan dan distribusi yang digunakan oleh penambahan daya.

Apabila kumparan berputar satu kali pada generator dengan dua kutub, dibangkitkan satu siklus tegangan. Apabila kumparan berputar satu kali pada generator empat kutub, dibangkitkan dua siklus tegangan, karena itu ada perbedaan antara derajat mekanis dan derajat listrik.

- Derajat mekanis apabila kumparan atau penghantar jangkar berputar satu kali penuh, kumparan telah melewati 360 derajat mekanis.
- Derajat listrik jika GGL atau arus bolak balik melewati satu siklus berarti telah melewati 360 derajat listrik waktu.



Gambar.2.18.Perbandingan derajat mekanis dan derajat listrik
(Petruszella, 1996)

Jumlah tegangan yang diinduksikan pada penghantar saat penghantar bergerak pada medan magnet bergantung pada :

1. Kekuatan medan magnet

Makin kuat medan, makin besar tegangan yang diinduksikan

2. Kecepatan penghantar yang memotong fluks magnet

Bertambahnya kecepatan putar penghantar, menambah besarnya tegangan yang diinduksikan.

3. Sudut pada tempat penghantar memotong fluks magnet.

Tegangan maksimum diinduksikan apabila konduktor memotong pada 90° , dan tegangan yang lebih rendah diinduksikan apabila sudut itu kurang dari 90° .

4. Panjang penghantar pada medan magnet.

Jika penghantar digulung menjadi kumparan yang terdiri dari beberapa lilitan, panjang efektif bertambah dan tegangan yang diinduksikan akan bertambah (Petruzella, 1996).

Persamaan untuk menentukan frekuensi generator ac adalah

$$f = \frac{p}{2} \frac{n}{60} \quad (2.20)$$

dimana f = Frekuensi tegangan yang diinduksikan (Hz)

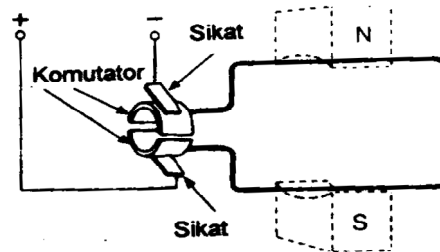
P = Jumlah kutub pada rotor

n = Kecepatan rotor (rotasi/menit)

Besarnya tegangan yang dibangkitkan tergantung pada kecepatan garis medan magnet yang dipotong atau dalam hal generator ac, besarnya tegangan tergantung pada kuat medan dan kecepatan rotor. karena sebagian besar dioperasikan pada kecepatan konatan, jumlah GGL yang dibangkitkan menjadi tergantung pada penguatan medan (Petruzella, 1996).

II.4.3. Generator DC

Tegangan yang dihasilkan setiap generator sifat arusnya adalah bolak balik. Tegangan hanya bisa menjadi searah setelah disearahkan. Penyearah itu biasa disebut komutator. Komutator berfungsi seperti saklar mekanis atau penyearah untuk secara otomatis mengubah tegangan ac yang dibangkitkan menjadi tegangan dc. Peristiwa penyearahan disebut komutasi. Komutasi adalah proses pembalikan arah arus pada kumparan jangkar pada saat segmen komutator pada kumparan terhubung melewati dibawah sikat.



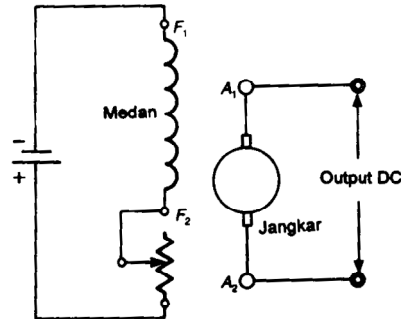
Gambar.2.19. Generator dc sederhana

(Petruzella, 1996)

Sikat-sikat diletakkan sehingga menghubungkan singkat kumparan jangkar ketika kumparan tidak memotong pada medan magnet. Pada saat itu tidak ada aliran arus dan tidak ada bunga api pada sikat-sikat. Generator dc lebih banyak yang menggunakan kumparan medan elektromagnet dibandingkan magnet permanen. Arus searah yang dihasilkan untuk memberikan energi pada kumparan medan disebut arus penguat.

Generator arus searah diklasifikasikan menurut metode di mana arus diberikan pada kumparan medan. Dua klasifikasi utama yaitu generator penguatan terpisah dan generator bepenguatan sendiri.

1. Generator penguatan terpisah



Gambar.2.20.Diagram skematik generator dengan penguat terpisah
(Petruszella, 1996)

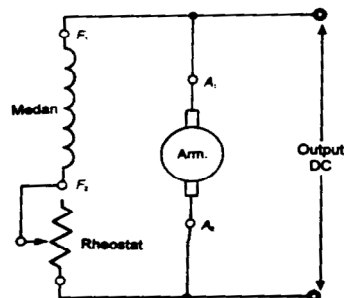
Generator dengan penguatan secara terpisah merupakan generator dc yang mempunyai arus medan sendiri yang disuplai oleh sumber luar (contoh: baterai). Keluaran generator dapat diubah dengan pengaturan arus pada kumparan medan.

2. Generator penguatan sendiri

Generator dengan penguatan sendiri menggunakan sebagian arus yang dibangkitkan untuk memperkuat medan. Generator yang diberi penguat sendiri dikelompokkan menurut metode dimana kumparan medan dihubungkan yaitu secara seri, paralel, atau dihubungkan gabungan

a. Generator shunt

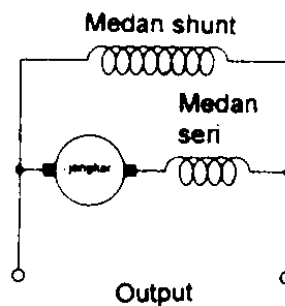
Pada generator shunt, kumparan medan shunt dihubungkan secara paralel dengan jangkar.



Gambar.2.21.Diagram skematik generator shunt
(Petruszella, 1996)

Kumparan medan shunt terdiri dari banyak lilitan dengan kawat yang relatif kecil dan hanya menggunakan sebagian kecil dari arus yang dibangkitkan.

b. Generator kompon



Gambar.2.22.Diagram skematik generator kompon
(Petruzella, 1996)

Pada generator ini hampir sama dengan generator shunt yang membedakan adalah generator mempunyai tambahan kumparan. Medan yang dihubungkan seri dengan jangkar. Kumparan medan seri tersebut dipasang atau ditempatkan pada kutub yang sama dengan kumparan medan shunt, dibuat dengan sedikit dari kawat besar untuk mengalirkan arus jangkar. Generator ini dikembangkan untuk mencegah tegangan terminal generator dc dari penurunan dengan penambahan beban. Apabila generator bekerja dalam keadaan tanpa beban, arus pada kumparan seri adalah nol (Petruzella, 1996).

BAB III

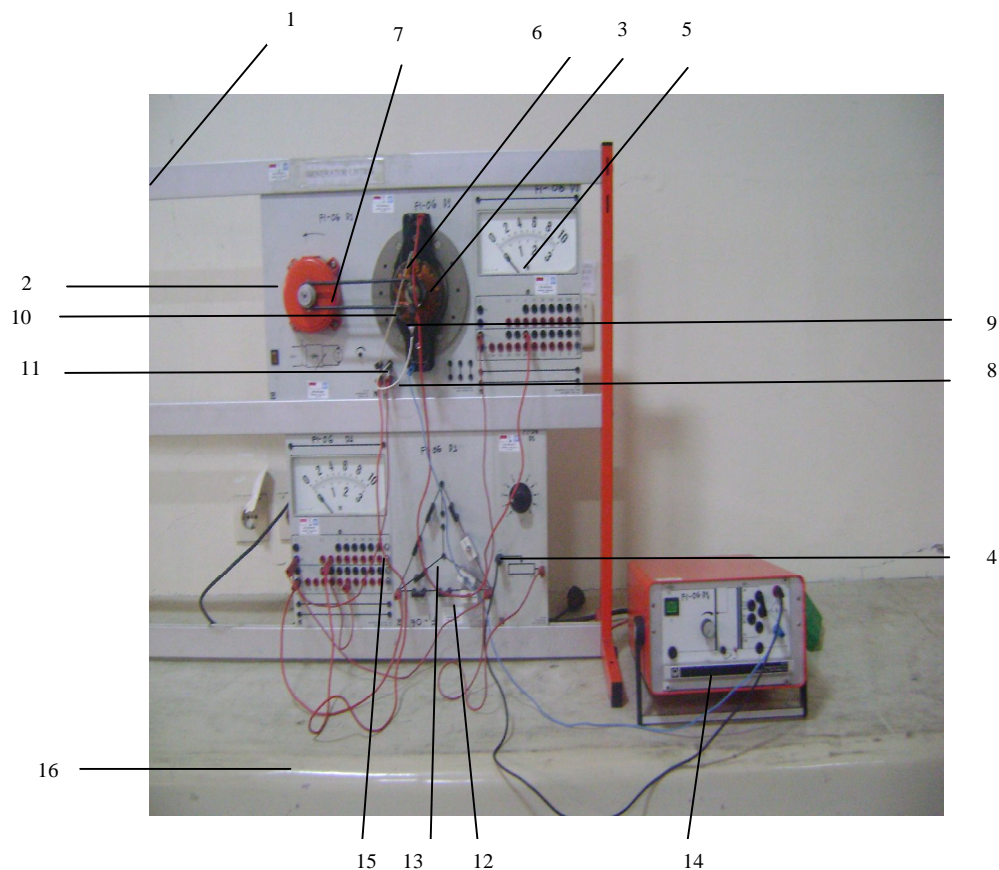
METODE PENELITIAN

III.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

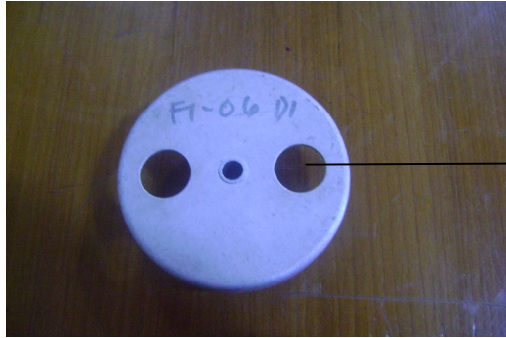
Waktu penelitian selama 6 bulan dari bulan September 2009 sampai Januari 2010 dan penelitian dilakukan di Laboratorium Pusat Universitas Sebelas Maret.

III.2. Alat dan Bahan

Gambar di bawah ini merupakan rangkaian generator ac dari Leybold TPS 2.5:



Gambar.3.1.Rangkaian generator ac



17



18



19



20



21



22

Keterangan gambar:

1. Panel Frame	1 buah
2. Bagian Penggerak	1 buah
3. Bagian Mesin Dasar	1 buah
4. Field Regulator	1 buah
5. Star delta load	1 buah
6. Wide pole pieces for coils	2 buah
7. Sabuk karet	1 buah
8. Kumparan 500 lilitan	2 buah
9. Rotor 12 kutub, 3 kutub, 2 kutub	@ 1 buah
10. Sikat holder	1 buah
11. Sikat dengan kabel dan plug	2 buah
12. Lampu 6V/1.1 W	3 buah

13. Bridging plug	6 buah
14. Power supply 42 PU 230 V	1 set
15. Multimeter Zero Point Left	1 set
16. Kabel penghubung	secukupnya
17. Centering disk	1 buah
18. Stroboscope	1 set
19. Teslameter	1 set
20. Osiloskop	1 set
21. Oli	secukupnya
22. Obeng	1 buah

III.3. Prosedur Penelitian

III.3.1. Merangkai Alat

1. Memasang gulungan kawat 500 lilitan ke atas tiang kutub
2. Menghubungkan gulungan kawat secara seri.
3. Memasang drum rotor di atas tangkai
4. Menghubungkan penggerak dan drum rotor menggunakan sabuk karet
5. Memasang brush holder pada rotor
6. Memasang lampu pada star delta secara paralel dengan penghubung *bridging plug*.

III.3.2. Menjalankan Mesin

1. Menghubungkan kabel seperti pada gambar 3.1
2. Menghubungkan power supply pada 6V/8A

3. Memutar knop transformer untuk memvariasi kuat medan magnet. Variasi tersebut dilakukan dengan menghubungkan transformer dan AV meter. Dari AV meter dihubungkan ke gulungan kawat, kemudian diatur pada arus dengan batas maksimal 0,3 A. Knop diputar untuk setiap penambahan satu strip (0,005 A) kemudian pada gulungan kawat diukur kuat medan magnet dengan teslameter. Variasi dilakukan sampai 6 strip dengan kuat medan magnet yang diperoleh 0,16mT; 0,3 mT; 0,52 mT; 0,72 mT; 1,24 mT; 1,72 mT.
4. Menghidupkan sumber tegangan rendah (lampu beban star delta tidak menyala)
5. Menjalankan generator dengan memutarnya pada kecepatan awal minimum.

III.3.3. Pengambilan Data

1. Variasi kecepatan putar rotor dengan kuat medan magnet tetap untuk 2 rotor
 - a. Memutar knop kuat medan magnet pada 0,16 mT
 - b. Memutar potensiometer dan mengukur motornya dengan rpm meter untuk memvariasikan kecepatan putar rotor dari 500 rpm sampai 5000 rpm
 - c. Mencatat nilai tegangan dan arus untuk setiap variasi
2. Melakukan langkah diatas untuk kuat medan magnet 0,16 mT sampai 1,72 mT
3. Melakukan langkah (1) dan (2) untuk 3 rotor dan 12 rotor

III.3.4. Pengelompokkan data

1. Mengelompokkan data untuk variasi kuat medan magnet dengan kecepatan putar rotor tetap

2. Mengelompokkan data untuk variasi kuat medan magnet dan variasi jumlah kutub rotor dengan kecepatan putar rotor tetap
3. Mengelompokkan data untuk variasi kecepatan putar rotor dan variasi jumlah kutub rotor dengan kuat medan magnet tetap

III.3.5. Analisa data

Pada analisa data mengacu pada tujuan. Disini di bahas tentang pengaruh kuat medan magnet, variasi kecepatan putar, dan variasi jumlah kutub rotor terhadap ggl induksi. Untuk menjelaskan pengaruh diatas dibuat grafik dengan software origin untuk tiap variasi.

BAB IV

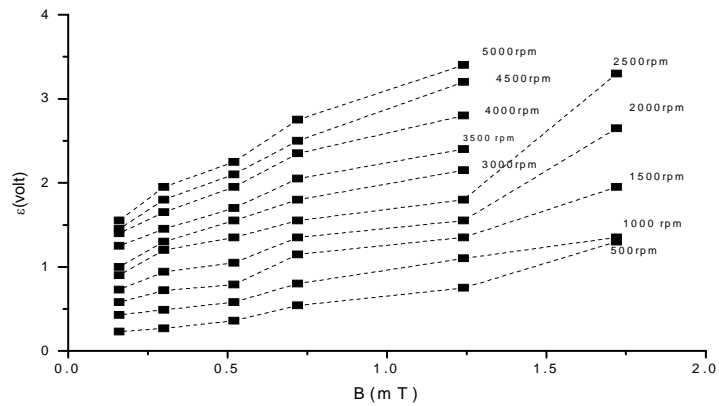
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini digunakan generator tipe Leybold dengan komponen yang dapat dibongkar pasang. Dari dasar inilah magnet permanen pada badan generator kemudian diubah dengan prinsip elektromagnet untuk dapat mendesain magnet permanen, dimana magnet permanen mempunyai kuat medan 13,6 mT. Elektromagnet digunakan karena kuat medan magnet dapat divariasikan yaitu dengan memasang lilitan kawat berjumlah 500 dan diberi tegangan dari luar oleh transformer. Tegangan dari transformer dihubungkan ke AV meter agar variasi kuat medan magnet dapat terbaca. Variasi dilakukan untuk setiap skala yang bernilai 0,05 ampere. Untuk setiap penambahan skala pada lilitan kawat diukur kuat medan magnetnya dengan teslameter dan diperoleh nilai 0,16mT; 0,3 mT; 0,52 mT; 0,72 mT; 1,24 mT; 1,72 mT. Untuk setiap variasi medan magnet, kecepatan putar rotor divariasikan dengan potensiometer untuk setiap kelipatan 500 rpm dimulai dari 500 rpm sampai 5000 rpm sehingga diperoleh nilai ggl induksi. Pada rangkaian digunakan lampu yang dipasang pada star delta dimana lampu tersebut berfungsi sebagai indikator ggl induksi, semakin tinggi nilai ggl induksinya maka lampu akan nyala semakin terang.

Dalam pembuatan generator ada banyak hal yang berpengaruh. Pada penelitian ini ggl induksi diteliti pengaruhnya terhadap kuat medan magnet, jumlah kutub rotor, kecepatan putar rotor. Berdasarkan persamaan (2.19) dapat dibuat grafik dari data yang telah diperoleh dengan software origin.

IV.1. Pengaruh Variasi Kuat Medan Magnet Dengan Kecepatan Putar Rotor Tetap Terhadap Kuat Ggl Induksi Generator.

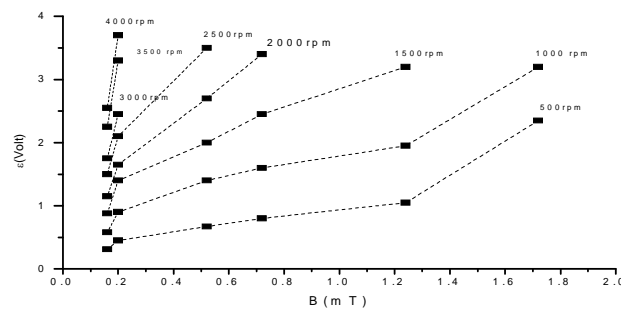
Gambar di bawah ini merupakan grafik dari tabel.1 untuk membandingkan kecepatan putar rotor terhadap ggl vs kuat medan magnet pada 2 rotor.



Gambar.4.1. Grafik ggl induksi terhadap kuat medan magnet pada 2 rotor

Dari grafik bila dibandingkan dari 500 rpm sampai 5000 rpm nilai ggl induksi semakin besar terhadap kuat medan magnet yang semakin besar pula. Dari grafik terlihat pada 2500 rpm terlihat kenaikan tajam pada nilai ggl induksinya sedangkan pada 5000 rpm grafik lebih stabil. Hal ini dapat terlihat dari kurva 5000 rpm semakin menjauhi nol berarti semakin besar kecepatan putarnya maka nilai ggl induksi yang dihasilkan semakin besar seiring dengan bertambahnya kuat medan magnet.

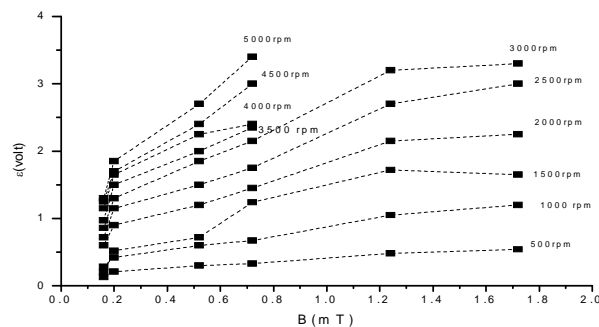
Gambar di bawah ini merupakan grafik tabel.2 untuk membandingkan kecepatan putar rotor terhadap ggl vs kuat medan magnet pada 3 rotor.



Gambar.4.2. Grafik ggl induksi terhadap kuat medan magnet pada 3 rotor

Pada 3 rotor grafik hanya sampai pada 4000 rpm karena pada 4500 sampai 5000 tidak muncul ggl induksi. Dari grafik bila dibandingkan dari 500 rpm sampai 4000 rpm nilai ggl induksi semakin besar terhadap kuat medan magnet yang semakin besar pula.. Hal ini berarti semakin besar kecepatan putarnya maka nilai ggl induksi yang dihasilkan semakin besar.

Gambar di bawah ini merupakan grafik tabel.3 untuk membandingkan kecepatan putar rotor terhadap ggl vs kuat medan magnet pada 12 rotor.



Gambar.4.3. Grafik ggl induksi terhadap kuat medan magnet pada 12 rotor

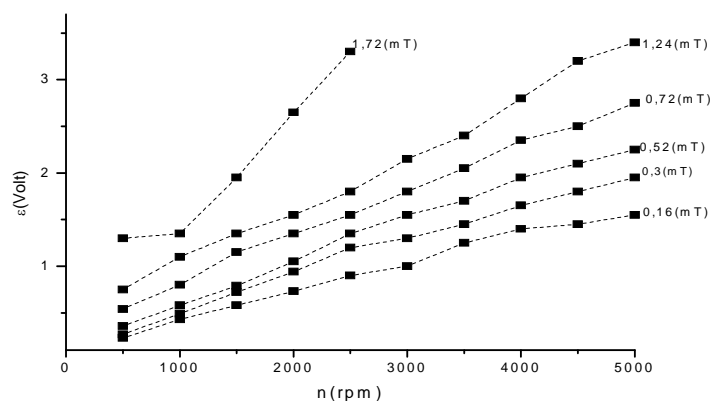
Dari grafik kurva 5000 rpm di posisi paling atas berarti nilai ggl induksinya paling besar dibandingkan 500 sampai 4500. Hal ini berarti 5000 rpm paling bagus menghasilkan ggl induksi plg besar. Dapat terlihat juga dari kurva 5000 rpm semakin menjauhi nol berarti semakin besar kecepatan putarnya maka nilai ggl induksi yang dihasilkan semakin besar seiring dengan bertambahnya kuat medan magnet. Walaupun pada 5000 rpm nilai kuat medan magnet tidak sampai pada 1.72 mT

Dari ketiga grafik diatas dapat disimpulkan bahwa ggl induksi paling bagus diperoleh pada kecepatan putar rotor paling tinggi yaitu 5000 rpm. Hal ini sesuai

dengan persamaan (2.19) dimana ε (ggl induksi) berbanding lurus dengan n (kecepatan putar rotor), semakin besar kecepatan putar rotor maka semakin besar ggl induksinya begitu juga sebaliknya.

IV.2. Pengaruh Variasi Kecepatan Putar Rotor Dengan Kuat Medan Magnet Tetap Terhadap Kuat Ggl Induksi Generator

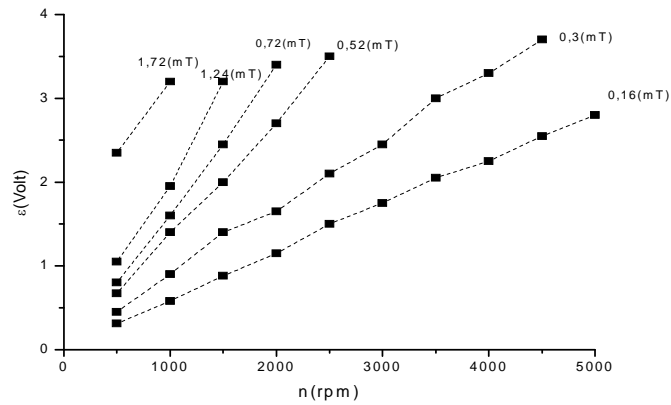
Gambar di bawah ini merupakan grafik tabel.4 untuk membandingkan kuat medan magnet terhadap ggl induksi vs kecepatan putar rotor pada 2 rotor.



Gambar. 4.4. Grafik ggl induksi terhadap kecepatan putar rotor pada 2 rotor

Dari grafik terlihat semakin besar kuat medan magnetnya maka nilai ggl induksinya semakin besar. Hal ini terlihat pada kurva 1,72 mT terletak paling atas berarti pada kuat medan magnet besar maka akan menghasilkan nilai ggl induksi besar pula. Pada 1,24 mT nilai rpm nya bisa sampai 5000 rpm sedangkan pada 1,72 mT hanya sampai pada 2500 rpm

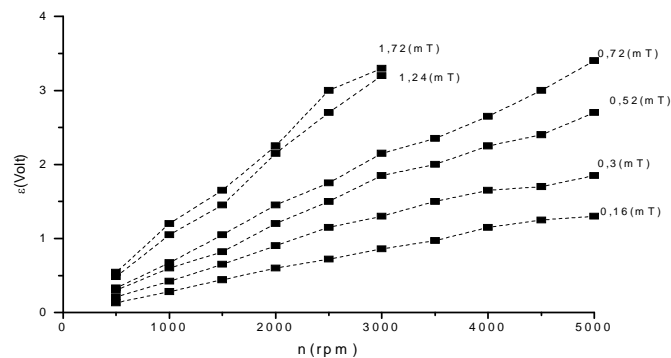
Gambar di bawah ini merupakan grafik tabel.5 untuk membandingkan kuat medan magnet terhadap ggl induksi vs kecepatan putar rotor pada 3 rotor.



Gambar.4.5. Grafik ggl induksi terhadap kecepatan putar rotor pada 3 rotor

Pada 3 rotor jarak antar kurva tidak teratur. Pada 1,72 mT diperoleh kurva lurus. Hal ini menunjukkan pada kurva tersebut terbentuk ggl induksi yang paling bagus karena berbanding lurus dengan kecepatan putar rotor. Sedangkan pada 0,3 mT sampai 1,24 mT jarak antar kurva tidak terlalu jauh ini menunjukkan selisih ggl induksi yang dihasilkan tidak besar.

Gambar di bawah ini merupakan grafik tabel.6 untuk membandingkan kuat medan magnet terhadap ggl induksi vs kecepatan putar rotor pada 12 rotor.



Gambar.4.6. Grafik ggl induksi terhadap kecepatan putar rotor pada 12 rotor

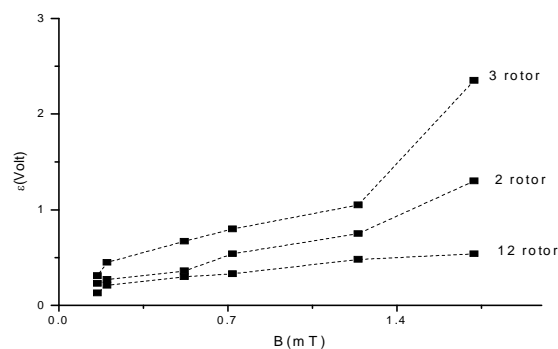
Pada 12 rotor kurva 1,72 mT terletak paling atas berarti ggl induksi pada kurva tersebut nilainya paling tinggi diantara kurva yang lain. Tetapi pada kurva 1,72 dan 1,24 mT panjang kurva hanya sampai pada 3000 rpm.

Dapat disimpulkan bahwa ggl induksi paling bagus diperoleh pada kuat medan magnet tertinggi yaitu pada 1,72 mT. Hal ini sesuai dengan persamaan (2.19) dimana ε (ggl induksi) berbanding lurus dengan B (kuat medan magnet)

Dari penjelasan IV.1 dan IV.2 diketahui ketika grafik pada 3 rotor semakin keatas semakin sedikit titik yang terbentuk (lihat lampiran 1, tabel 2 dan tabel 5). Hal tersebut dimungkinkan karena semakin besar kuat medan magnet maka gaya tarik terhadap bahan feromagnetik juga semakin besar sehingga ggl induksi maksimal hanya sampai 3,7 Volt.

IV.3. Pengaruh Variasi Jumlah Kutub Rotor dengan Kecepatan Putar Rotor Tetap Terhadap Intensitas Ggl Induksi Generator

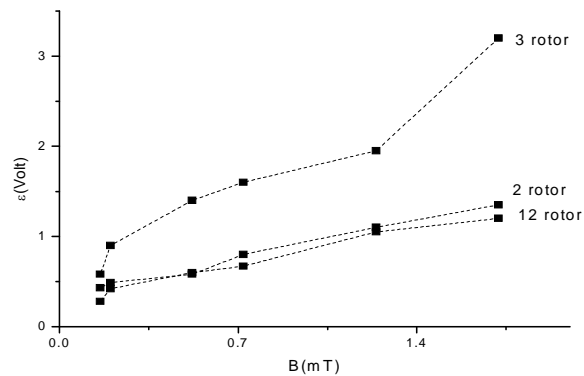
Gambar di bawah ini merupakan grafik tabel.7 untuk membandingkan jumlah lilitan rotor terhadap ggl induksi vs kuat medan magnet pada 500 rpm.



Gambar.4.7. Grafik ggl induksi terhadap kuat medan magnet pada 500 rpm

Dari ketiga kurva diatas, pada kurva 3 rotor paling bagus terbentuk karena nilai ggl induksi selalu berbanding lurus naik terhadap kuat medan magnet yang semakin tinggi. Meskipun pada 3 rotor nilai ggl induksi fluktuatif terhadap kuat medan magnetnya seperti terlihat pada kurva.

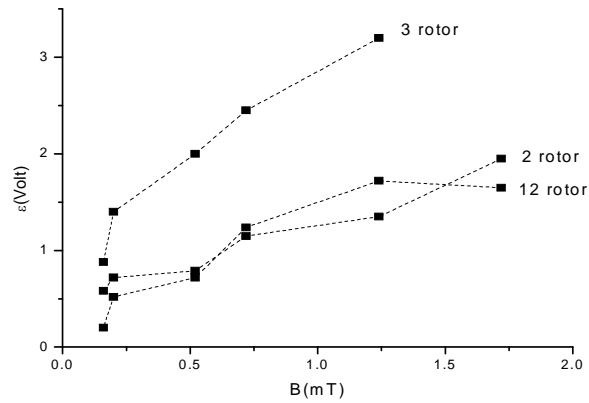
Gambar di bawah ini merupakan grafik tabel.8 untuk membandingkan jumlah lilitan rotor terhadap ggl induksi vs kuat medan magnet pada 1000 rpm.



Gambar.4.8. Grafik ggl induksi terhadap kuat medan magnet pada 1000 rpm

Pada 1000 rpm nilai ggl induksi paling tinggi diperoleh pada 3 rotor. Posisi kurva 3 rotor terletak paling atas berarti menunjukkan nilai ggl induksi yang diperoleh 3 rotor lebih besar dibanding 12 rotor dan 2 rotor. Pada 12 rotor dan 2 rotor tidak terdapat perbedaan nilai ggl induksi yang jauh hal ini terlihat dari kurva yang berhimpit dan berpotongan.

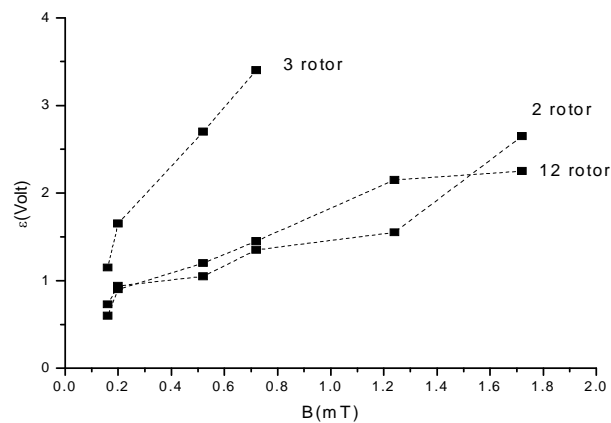
Gambar di bawah ini merupakan grafik tabel.9 untuk membandingkan jumlah lilitan rotor terhadap ggl vs kuat medan magnet pada 1500 rpm.



Gambar.4.9. Grafik ggl induksi terhadap kuat medan magnet pada 1500 rpm

Pada 1500 rpm nilai ggl induksi yang diperoleh pada 3 rotor paling tinggi dibanding 2 rotor dan 12 rotor. Hal ini terlihat dari kurva 3 rotor yang terletak paling atas berarti ggl induksi yang diperoleh paling tinggi. Pada 2 rotor dan 12 rotor nilai ggl induksi tidak berbeda jauh karena kurva berpotongan .

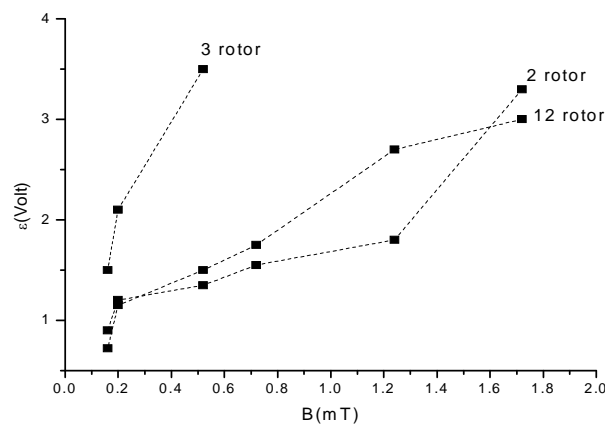
Gambar di bawah ini merupakan grafik tabel.10 untuk membandingkan jumlah lilitan rotor terhadap ggl vs kuat medan magnet pada 2000 rpm.



Gambar.4.10. Grafik ggl induksi terhadap kuat medan magnet pada 2000 rpm

Pada 2000 rpm nilai ggl induksi yang diperoleh pada 3 rotor paling tinggi dibanding 2 rotor dan 12 rotor. Hal ini terlihat dari kurva 3 rotor yang terletak paling atas berarti ggl induksi yang diperoleh paling tinggi. Pada 2 rotor dan 12 rotor nilai ggl induksi tidak berbeda jauh karena kurva berpotongan .

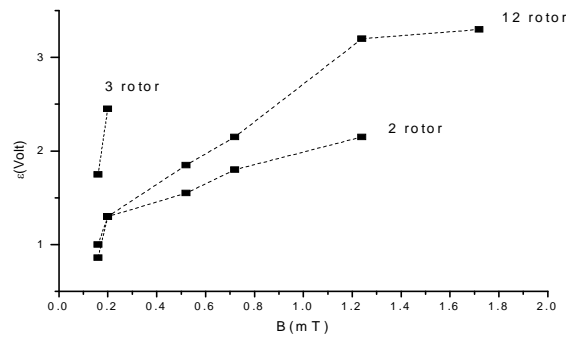
Gambar di bawah ini merupakan grafik tabel.11 untuk membandingkan jumlah lilitan rotor terhadap ggl vs kuat medan magnet pada 2500 rpm.



Gambar.4.11. Grafik ggl induksi terhadap kuat medan magnet pada 2500 rpm

Dari grafik terlihat bahwa pada kurva 3 rotor diperoleh ggl induksi paling tinggi daripada 12 rotor dan 2 rotor. Hal ini ditunjukkan dari ketiga kurva diatas pada posisi awal pada kuat medan magnet yang sama posisi kurva terletak paling atas berarti ggl induksi paling besar

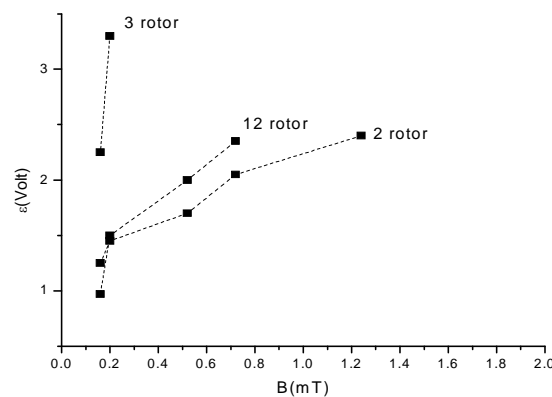
Gambar di bawah ini merupakan grafik tabel.12 untuk membandingkan jumlah lilitan rotor terhadap ggl vs kuat medan magnet pada 3000 rpm.



Gambar.4.12. Grafik ggl induksi terhadap kuat medan magnet pada 3000 rpm

Pada 12 rotor kurva yang didapat paling bagus karena kurva paling atas daripada 2 rotor dan 3 rotor. Pada 3 rotor hanya terbentuk 2 titik karena tidak diperoleh ggl induksi pada setiap penambahan intensitas medan magnet sampai 1,72 mT

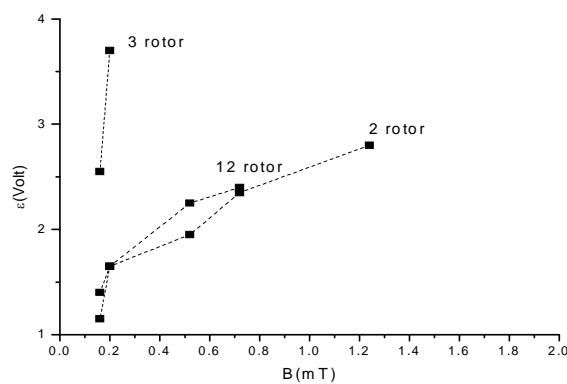
Gambar di bawah ini merupakan grafik tabel.13 untuk membandingkan jumlah lilitan rotor terhadap ggl vs kuat medan magnet pada 3500 rpm.



Gambar.4.13. Grafik ggl induksi terhadap kuat medan magnet pada 3500 rpm

Pada 3500 rpm kurva paling bagus diperoleh pada 3 rotor karena ggl induksi yang diperoleh paling tinggi dan selalu meningkat berbanding lurus seiring penambahan kuat medan magnet walaupun pada 2 rotor terbentuk banyak titik. Pada grafik diatas juga hanya terbentuk 2 titik seperti pada 3000 rpm.

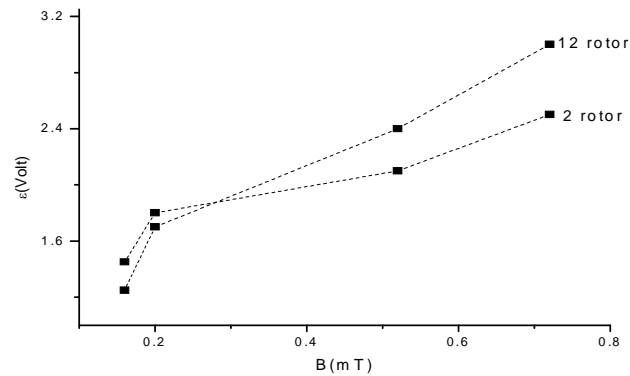
Gambar di bawah ini merupakan grafik tabel.14 untuk membandingkan jumlah lilitan rotor terhadap ggl vs kuat medan magnet pada 4000 rpm.



Gambar.4.14. Grafik ggl induksi terhadap kuat medan magnet pada 4000 rpm

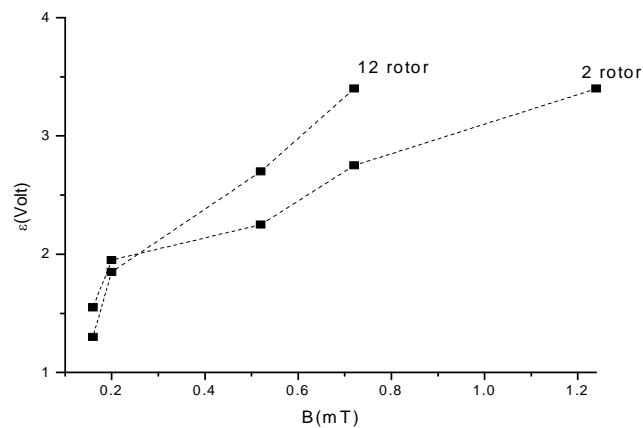
Pada 4000 rpm ini tidak jauh beda dengan 3500 rpm kurva 3 rotor paling bagus terbentuk, ggl induksi yang diperoleh berbanding lurus dengan penambahan kuat medan magnet

Gambar di bawah ini merupakan grafik tabel.15 untuk membandingkan jumlah lilitan rotor terhadap ggl vs kuat medan magnet pada 4500 rpm.



Gambar.4.15. Grafik ggl induksi terhadap kuat medan magnet pada 4500 rpm

Gambar di bawah ini merupakan grafik tabel.16 membandingkan jumlah lilitan rotor terhadap ggl vs kuat medan magnet pada 5000 rpm.



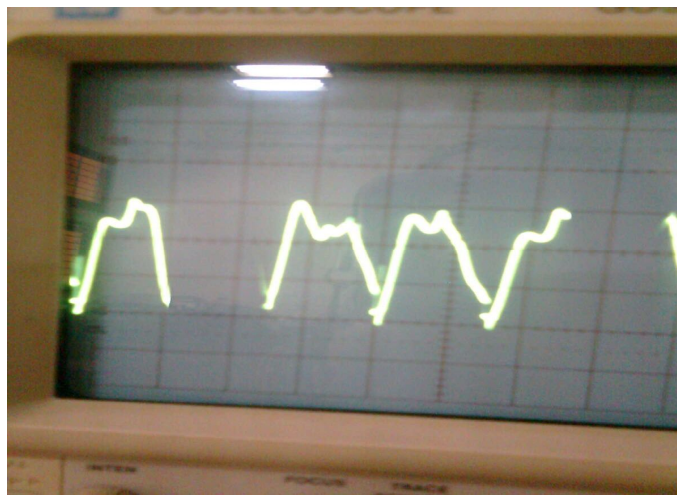
Gambar.4.16. Grafik ggl induksi terhadap kuat medan magnet pada 5000 rpm

Pada 4500 rpm dan 5000 rpm, 3 rotor tidak terbentuk kurva karena pada 4000 rpm ggl induksi yang terbentuk maksimal pada 3,7 volt bila potensiometer diputar diatas 4000 ggl induksi tetap pada 3,7 volt. Hal ini kemungkinan karena ggl induksi

maksimal yang dihasilkan alat tersebut yaitu pada 3,7 volt. Bila dibandingkan antara 2 rotor dan 12 rotor ggl induksi yang terbentuk lebih besar dari 12 rotor. Pada kedua grafik diatas terlihat bahwa semakin banyak jumlah kutub rotor maka ggl induksinya yang dihasilkan semakin besar terbukti kurva 12 rotor berada di posisi paling atas berarti nilai ggl induksinya paling tinggi.

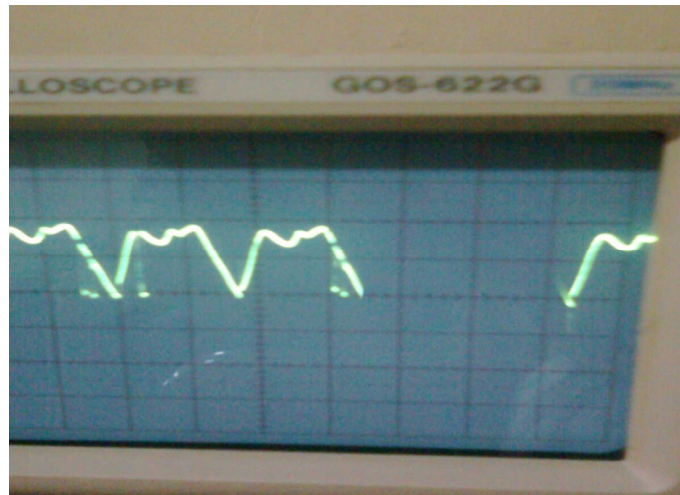
Pada variasi kuat medan magnet dengan kecepatan putar rotor tetap bila dibandingkan hasilnya sesuai yaitu selalu berbanding lurus begitu juga sebaliknya pada variasi kecepatan putar rotor dengan medan magnet tetap juga selalu berbanding lurus. Tetapi apabila dibandingkan antara 12 rotor, 3 rotor dan 2 rotor data yang dihasilkan tidak selalu 12 rotor mempunyai tegangan paling besar padahal seharusnya semakin banyak jumlah lilitannya maka semakin besar pula kuat medan magnet dan ggl induksi yang dihasilkan sesuai dengan persamaan (2.19) . Maka dari itu keluaran atau bentuk gelombang pada tiap rotor dilihat di osiloskop untuk membuktikannya.

Pada 2 rotor, 3 rotor, dan 12 rotor diperoleh keluaran gambar sebagai berikut:



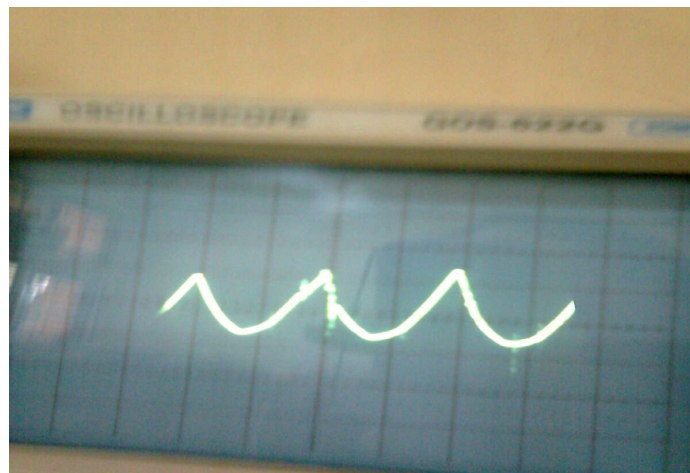
Gambar. 4.17. Keluaran gelombang pada 2 rotor

Pada 2 rotor mempunyai time/div: 5ms dan volt/div : 0,5 volt



Gambar. 4.18. Keluaran gelombang pada 3 rotor

Pada 3 rotor mempunyai time/div: 5ms dan volt/div : 0,2 volt



Gambar.4.19. Keluaran gelombang pada 12 rotor

Pada 12 rotor mempunyai time/div: 5ms dan volt/div : 1 volt

Setelah melihat keluaran gelombang pada 2 rotor, 3 rotor, dan 12 rotor bentuk gelombang paling bagus pada 12 rotor. Pada 3 rotor dan 2 rotor tidak terlihat puncak, pada puncak terlihat noise sehingga tidak terbentuk gelombang sinusoidal seperti pada 12 rotor. Berarti dapat disimpulkan bahwa 12 rotor paling bagus digunakan untuk generator karena dalam satu detik rotor berputar komponen penyusun

gelombang pada 12 rotor lebih banyak terbentuk maka semakin bagus bentuk gelombangnya. Selain itu tegangan yang diperoleh pada 12 rotor juga paling besar yaitu 1 volt dibanding 2 rotor dan 3 rotor yaitu 0,5 volt dan 0,2 volt. Gambar osiloskop pada 2 rotor dan 3 rotor terdapat jarak antar gelombang atau jeda, hal ini karena pengaruh gesekan antara kolektor (karbon) dengan rotor, tetapi pada 12 rotor tidak terlihat jeda karena jarak antar kutub pada 12 rotor berdekatan.

IV.4. Perhitungan Frekuensi Rotor

Karena generator mempunyai dua kutub (utara dan selatan) dan kumparan berputar pada kecepatan satu putaran per detik, maka frekuensi akan menjadi siklus per detik, maka frekuensi pada generator dapat dihitung dengan persamaan:

$$f = \frac{p}{2} \frac{n}{60}$$

dimana f = Frekuensi tegangan yang diinduksikan (Hz)

p = Jumlah kutub pada rotor

n = Kecepatan rotor (rotasi/menit)

Dari persamaan diatas dapat dihitung frekuensi generator sebagai berikut:

Tabel 4.1. Perhitungan frekuensi rotor

n(rpm)	Jumlah rotor	f(Hz)	n(rpm)	Jumlah rotor	f(Hz)	N(rpm)	Jumlah rotor	f(Hz)
500	2	8,333	500	3	12,500	500	12	50,000
1000	2	16,667	1000	3	25,000	1000	12	100,000
1500	2	25,000	1500	3	37,500	1500	12	150,000
2000	2	33,333	2000	3	50,000	2000	12	200,000
2500	2	41,667	2500	3	62,500	2500	12	250,000
3000	2	50,000	3000	3	75,000	3000	12	300,000
3500	2	58,333	3500	3	87,500	3500	12	350,000
4000	2	66,667	4000	3	100,000	4000	12	400,000
4500	2	75,000	4500	3	112,500	4500	12	450,000
5000	2	83,333	5000	3	125,000	5000	12	500,000

Berdasarkan literatur, standar frekuensi untuk generator di Indonesia adalah 50 Hz maka dari tabel dapat diketahui bahwa yang sesuai adalah kecepatan putar 3000 rpm pada 2 rotor, kecepatan putar 2000 rpm pada 3 rotor dan kecepatan putar 500 rpm pada 12 rotor. Berarti dapat disimpulkan bahwa dengan kecepatan putar 500 rpm dan 12 rotor paling sesuai untuk generator karena dengan kecepatan putar rotor rendah dan jumlah kutub rotor banyak sama sama dapat menghasilkan frekuensi 50Hz. Dengan kecepatan putar rotor rendah maka energi yang dibutuhkan untuk memutar rotor juga tidak besar sehingga akan lebih menghemat biaya. Jadi untuk mendapatkan ggl induksi yang besar diperlukan jumlah lilitan, kecepatan putar rotor, kuat medan magnet yang semakin besar tetapi tidak selalu kecepatan putar rotor yang besar cocok untuk generator.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

V.1 Simpulan

1. Pengaruh variasi kuat medan magnet terhadap ggl induksi generator adalah selalu berbanding lurus dimana ggl induksi tertinggi diperoleh pada kuat medan magnet 1,72 mT
2. Pengaruh variasi kecepatan putar rotor terhadap ggl induksi generator adalah berbanding lurus dimana ggl induksi tertinggi diperoleh pada kecepatan putar rotor 5000 rpm
3. Pengaruh variasi jumlah kutub rotor terhadap ggl induksi generator adalah semakin banyak jumlah kutubnya akan menghasilkan ggl induksi semakin besar dimana ggl induksi tertinggi diperoleh pada 12 rotor.
4. Pada kecepatan putar 500 rpm dengan 12 rotor sesuai untuk generator di indonesia karena menghasilkan frekuensi 50 Hz. Generator dapat dibuat dengan kecepatan putar rotor rendah dan jumlah lilitan banyak sehingga tidak dibutuhkan energi besar untuk memutar rotor .

V.1 Saran

1. Untuk penggunaan generator Leybold sebaiknya difungsikan atau dinyalakan secara bertahap tidak terus menerus karena motor akan panas.sehingga menghasilkan ggl induksi yang tidak stabil.
2. Sebaiknya variasi kuat medan magnet dilakukan untuk kuat medan magnet yang lebih besar dari 1,72 mT.

DAFTAR PUSTAKA

- Havianto, J. 2009. *Penggunaan Turbin Cross-Flow Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro*.
<http://fadhilsttpn07.blogdetik.com/2009/04/29/penggunaan-turbin-cross-flow-pada-pembangkit-listrik-tenaga-mikrohidro/>. Diakses 29 april 2009
- In'am. 2009. *Merancang Mikrohidro*.
<http://lorelindu.wordpress.com/2009/05/27/>. Merancang Mikrohidro/.
Diakses 27 Mei 2009
- Panthala, S. 2004. Production of Rotating Magnetic Fields in Polyphase AC Machines: A Novel Teaching Approach. *AUJT*. 105-110
- Petruszella, Frank D., 1996, *Elektronik Industri*. Andi Offset. Jogjakarta
- Portela, P. Sepulveda, J. Esteves, J.S. 2008. Alternating Current and Direct Current Generator. *International Journal Hands-on Science*. Vol 1. Num 1. Sept 2008
- Schneider, H. J., 1996. *Electrical Machine Teaching Models*. The Federal Republic. Germany
- Serway, R.A. Jewett, J.W. 2004. *Physics for Sains and Engineers 6th Edition*. Thomson Brooks. Pomona
- Sumanto. 1995. *Mesin Arus Searah*. Andi Offset. Jogjakarta
- Sutrisna, K.F. 2008. *Generator Listrik Untuk Sistem PLTB/Mikrohidro*.
<http://konversi.wordpress.com/2008/07/22/generator-listrik-untuk-sistem-pltb-atau-mikrohidro/>. Diakses 22 Juli 2008
- Tippler, P.A. 1998. *Fisika Untuk Sains dan Teknik Jilid 1*. Erlangga. Jakarta
- Zuhal. 1991. *Dasar Tenaga Listrik*. Institut Teknologi Bandung. Bandung